

98/2565



18 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
10 DE 195 39 452 C 1

21 Aktenzeichen: 195 39 452.6-31  
22 Anmeldetag: 24. 10. 95  
43 Offenlegungstag: —  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 30. 1. 97

51 Int. Cl. 8  
H 04 B 3/54  
G 08 C 19/02  
H 04 L 12/403  
H 04 L 12/46  
G 06 F 13/12  
H 02 J 13/00  
// G 05 B 19/427

DE 195 39 452 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Leuze electronic GmbH + Co, 73277 Owen, DE

72 Erfinder:

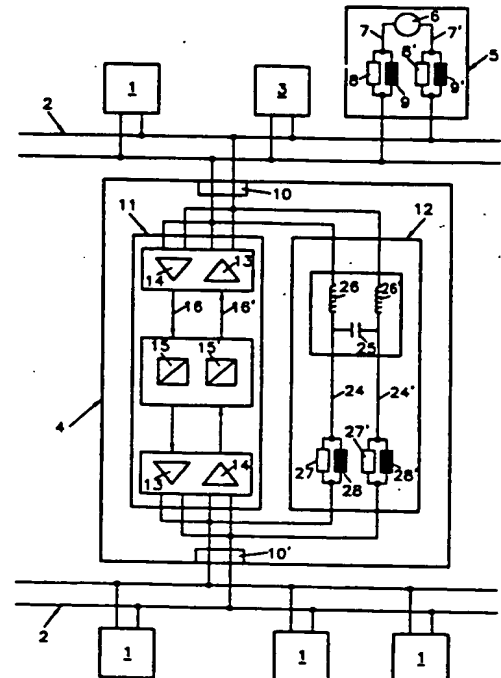
Böhmer, Klaus, Dipl.-Ing., 73278 Schlierbach, DE;  
Kälberer, Roland, Dipl.-Ing., 73230 Kirchheim, DE;  
Müller, Bernhard, Dr., 71083 Herrenberg, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

Kriesel/Madelung: ASI-Das Aktuator-Sensor-Inter-  
face für die Automation, 1994, Carl Hanser Verlag,  
S. 38,39,117-122;

54 Sensor-Aktuator-Bussystem

57 Die Erfindung betrifft eine Anordnung von mehreren Sensoren (1) und/oder Aktuatoren (1) in einem Bussystem, welche von einer zentralen Steuereinheit (3) gesteuert werden. Das Bussystem weist mehrere Subsysteme auf, in welchen Sensoren (1) und/oder Aktuatoren (1) und/oder die Steuereinheit (3) jeweils über eine Busleitung (2) verbunden sind. Busleitungen (2) zweier Subsysteme sind über einen Repeater (4) verbunden. Über die Busleitung (2) werden gleichzeitig die Daten und die Versorgungsspannung übertragen, indem die Daten der Versorgungsspannung aufmoduliert werden. Erfindungsgemäß werden über die Repeater (4) die Daten und die Versorgungsspannung in getrennten Übertragungskanälen (11, 12) übertragen.



DE 195 39 452 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Sensor-Aktuator-Bussystem gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Ein derartiges Bussystem ist in "ASI — Das Aktuator-Sensor-Interface für die Automation", Werner Kriesel, Otto W. Madelung, Carl Hanser Verlag, 1994 beschrieben.

Bei diesem Bussystem können bis zu 31 Sensoren und/oder Aktuatoren über Busleitungen an eine zentrale Steuereinheit angeschlossen werden. Das Bussystem arbeitet nach dem Master-Slave-Prinzip. Die Steuereinheit fragt die angeschlossenen Sensoren und/oder Aktuatoren zyklisch ab, worauf die einzelnen Sensoren und/oder Aktuatoren Daten an die Steuereinheit übermitteln.

Das Bussystem ist auf Leitungslängen von ca. 100 Metern begrenzt. Bei größeren Leitungslängen werden die Signalverzerrungen bei der Datenübertragung so groß, daß Fehler bei der Datenübertragung nicht ausgeschlossen werden können.

Müssen in speziellen Anwendungsfällen größere Übertragungsstrecken realisiert werden, so werden Repeater in das Bussystem integriert. Ein Repeater verbindet mehrere Subsysteme. Hierzu ist ein Repeater an zwei Busleitungen verschiedener Subsysteme angeschlossen. Ein Subsystem besteht aus mehreren Sensoren und/oder Aktuatoren und/oder der Steuereinheit, welche über eine Busleitung verbunden sind.

Bei den bekannten Sensor-Aktuator-Bussystemen werden innerhalb eines Subsystems die Daten zusammen mit der Versorgungsspannung über die Busleitung übertragen. Bei dem Übergang von einem Subsystem zu einem anderen werden jedoch über die Repeater lediglich die Daten übertragen, nicht jedoch die Versorgungsspannung.

Demzufolge müssen in den einzelnen Subsystemen separate Netzteile zur Spannungsversorgung vorgesehen sein. Dies stellt einen beträchtlichen Schaltungsaufwand und auch einen entsprechenden Kostenaufwand dar.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Schaltungsaufwand einer Anordnung von Sensoren und Aktuatoren in einem Bussystem möglichst gering zu halten.

Zur Lösung dieser Aufgabe sind die Merkmale des Anspruchs 1 vorgesehen. Vorteilhafte Ausführungsformen und zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung sind in den Ansprüchen 2—9 beschrieben.

Erfindungsgemäß weist der Repeater des Sensor-Aktuator-Bussystems zwei Übertragungskanäle auf. Im ersten Übertragungskanal werden bidirektional die Daten von einem Subsystem zum anderen übertragen, während die Versorgungsspannung ausgefiltert wird. Im zweiten Übertragungskanal wird allein die Versorgungsspannung übertragen, die die Daten bildenden Signalfolgen jedoch ausgefiltert.

Schließlich sind im zweiten Übertragungskanal Mittel zur Signalformung vorgesehen, welche der Versorgungsspannung die vom Repeater auf die Busleitung ausgesendeten Daten aufmodulieren.

Im ersten Übertragungskanal werden die die Daten kodierenden Signalfolgen von der Versorgungsspannung getrennt übertragen. Die Versorgungsspannung, die typischerweise in einem anderen Frequenzband als die zu übertragenden Daten liegt, wird ausgefiltert. Dadurch können auch eventuell aufgetretene Signalverzerrungen weitestgehend eliminiert werden, beispielsweise durch eine schmalbandige Filterung der zu übertragenden Daten.

Da im zweiten Übertragungskanal des Repeaters die Versorgungsspannung von einem Subsystem zum anderen übertragen wird, muß im gesamten Bussystem lediglich ein Netzteil zur Spannungsversorgung vorgesehen werden, was den Schaltungsaufwand beträchtlich reduziert.

Dabei ist es unerheblich, in welchem Subsystem das Netzteil vorgesehen ist. Insbesondere brauchen das Netzteil und die Steuereinheit nicht in demselben Subsystem angeordnet sein. Dies ermöglicht eine flexible Konfigurierung des Bussystems.

Die Erfindung wird im nachstehenden anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 Blockschaltbild eines an einem Sensor-Aktuator-System angeschlossenen Repeaters,

Fig. 2 Blockschaltbild eines Empfangselements in einem Repeater, Sensor, Aktuator bzw. einer Steuereinheit.

In Fig. 1 ist ein Teil eines Sensor-Aktuator-Bussystems dargestellt. In dem Bussystem sind mehrere Sensoren 1 und/oder Aktuatoren 1 über Busleitungen 2 an eine zentrale Steuereinheit 3 angeschlossen. Die Sensoren 1 bzw. Aktuatoren 1 können von Lichtschranken, induktiven Näherungsschaltern, Relais oder dergl. gebildet sein. Die Steuereinheit 3 kann beispielsweise von einer SPS-Steuerung gebildet sein.

Das Bussystem arbeitet nach dem Master-Slave-Prinzip. Die einzelnen Sensoren 1 und/oder Aktuatoren 1 werden von der den Master bildenden Steuereinheit 3 zyklisch abgefragt, worauf die Slaves bildenden Sensoren 1 und/oder Aktuatoren 1 Daten in die Steuereinheit 3 senden.

Das Bussystem weist mehrere Subsysteme auf, welche durch Repeater 4 miteinander verbunden sind. Innerhalb eines Subsystems sind mehrere Sensoren 1 und/oder Aktuatoren 1 sowie gegebenenfalls die Steuereinheit 3 durch eine Busleitung 2 verbunden.

Erfindungsgemäß ist lediglich in einem der Subsysteme ein Netzteil 5 zur Spannungsversorgung des gesamten Bussystems notwendig. Innerhalb eines Subsystems werden die Daten zusammen mit der Versorgungsspannung über die Busleitung 2 übertragen.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel bestehen die Busleitungen 2 aus Zweidrahtleitungen. Jeder Sensor 1 und Aktuator 1 sowie die Steuereinheit 3 enthält ein nicht dargestelltes Sendeelement, welches die zu übermittelnden Daten aussendet.

Die Übertragung der binären Daten erfolgt nach dem Verfahren der alternierenden Pulsmodulation. Das Sendeelement sendet Signale in Form von Stromänderungen aus, welche die binären Daten kodieren. Zweckmäßigerweise entspricht die Zeitabhängigkeit der Stromänderungen den Integralen von  $\sin^2$ -Funktionen.

Das Netzteil 5 weist eine Spannungsquelle 6 auf, die über zwei Leitungen 7, 7' mit der Zweidraht-Busleitung 2 verbunden ist. Auf jeder Leitung 7, 7' ist eine mit einem Widerstand 8, 8' parallel geschaltete Spule 9, 9' vorgesehen.

Die die Daten kodierenden Stromänderungen induzieren eine Spannungsänderung in den Spulen 9, 9' des Netzteils 5. Diese Spannungsänderungen werden an die anderen Busteilnehmer des Subsystems übertragen. Die induzierten Spannungssignale entsprechen dem Differential der Stromsignale. Demzufolge werden die Daten in Form von  $\sin^2$ -förmigen Spannungspulsen mit alternierenden Vorzeichen übertragen.

Diese Spannungspulse werden in nicht dargestellten Empfangselementen der Sensoren 1, Aktuatoren 1 und der Steuereinheit 3 empfangen. Dort werden aus den Folgen der Spannungspulse die binären Datenfolgen zurückgewonnen und dekodiert.

Die Busleitungen 2 zweier Subsysteme sind jeweils über einen Repeater 4 miteinander verbunden. Erfindungsgemäß werden über den Repeater 4 von einem Subsystem zum anderen sowohl die Versorgungsspannung als auch die der Versorgungsspannung aufmodulierten, die Daten kodierenden Signale übertragen.

Der prinzipielle Aufbau des Repeaters 4 ist aus Fig. 1 ersichtlich.

Der Repeater 4 weist zwei Anschlüsse 10, 10' für die Busleitungen 2 zweier Subsysteme auf. Im Innern des Repeaters 4 zweigen von den auf die Anschlüsse 10, 10' geführten Zweidrahtleitungen zwei Übertragungskanäle 11, 12 ab.

Im ersten Übertragungskanal 11 werden die die Daten kodierenden Signale ohne die Versorgungsspannung übertragen. Im zweiten Übertragungskanal 12 wird die Versorgungsspannung übertragen, wobei die Signale nicht mit übertragen werden.

Dabei wird vorteilhafterweise die Tatsache ausgenutzt, daß die Signalfolgen in einem höheren Frequenzbereich liegen als die Frequenzen der Versorgungsspannung. Entsprechend wird im ersten Übertragungskanal 11 die niederfrequente Versorgungsspannung ausgefiltert, wogegen im zweiten Übertragungskanal 12 die hochfrequenten Signalfolgen ausgefiltert werden.

Der erste Übertragungskanal 11 weist zwei Paare von Sende- 13 und Empfangselementen 14 auf, wobei jeweils das Sende- 13 und Empfangselement 14 eines der Paare an einen der Anschlüsse 10, 10' des Repeaters 4 angeschlossen ist.

Die beiden Paare von Sende- 13 und Empfangselementen 14 sind zweckmäßigerweise galvanisch getrennt. Vorzugsweise sind hierfür Optokoppler 15, 15' vorgesehen. Dabei ist jeweils eine Leitung 16, 16' von einem Sendeelement 13 eines Paares über einen Optokoppler 15, 15' auf ein Empfangselement 14 des anderen Paares geführt.

Die Sendeelemente 13 und Empfangselemente 14 des Repeaters 4 sind zweckmäßigerweise jeweils identisch aufgebaut und sind außerdem baugleich mit den in den Sensoren 1, Aktuatoren 1 und in der Steuereinheit 3 vorgesehenen Sende- 13 und Empfangselementen 14.

Das Sendeelement 13 weist einen nicht dargestellten Impulsformer auf, welcher die vom Empfangselement 14 empfangenen und ausgewerteten binären Signalfolgen in Signalimpulsfolgen, die den Integralen von  $\sin^2$ -Funktionen entsprechen, umwandelt. Dem Impulsformer ist ein ebenfalls nicht dargestellter Transistor nachgeschaltet, welcher den Busleitungen 2 die Signale in Form von Stromimpulsen aufprägt.

Das in Fig. 2 dargestellte Empfangselement 14 weist einen zweikanaligen Aufbau auf. Am Eingang des Empfangselements 14 ist zur Pegelbegrenzung der von der Busleitung 2 empfangenen  $\sin^2$ -förmigen Spannungspulse mit alternierenden Vorzeichen ein Spannungsbegrenzer 17 vorgesehen. Der Spannungsbegrenzer 17 besteht aus zwei antiseriell geschalteten Z-Dioden. Die Pegelbegrenzung dient zum Schutz gegen Überspannungen.

Das Empfangselement 14 weist einen Signalteiler 18 auf, der die von der Busleitung 2 empfangenen Folgen von Spannungspulsen mit alternierenden Vorzeichen in jeweils zwei Spannungspulsfolgen mit positivem bzw. negativem Vorzeichen auftrennt. Vorzugsweise besteht der Signalteiler 18 aus zwei antiparallel geschalteten Schottky-Dioden.

Der Spannungsteiler 18 weist zwei Ausgänge auf, an welche die Kanäle 19, 19' des Empfangselements 14 angeschlossen sind. Über den Kanal 19 werden die Spannungspulse mit positivem Vorzeichen geführt, während über den Kanal 19' die Spannungspulse mit negativem Vorzeichen geführt werden. Die Kanäle 19, 19' sind vollkommen identisch aufgebaut, so daß die Laufzeit der einzelnen Spannungspulsfolgen in den Kanälen 19, 19' identisch ist. Demzufolge bleibt die Synchronisierung der beiden Spannungspulsfolgen beim Durchlaufen der beiden Kanäle 19, 19' erhalten.

In den Kanälen 19, 19' des Empfangselements 14 ist jeweils ein als Bandpaß ausgebildetes Filter vorgesehen, das aus einem in Serie geschalteten Hochpaß 20, 20' und einen Tiefpaß 21, 21' besteht. Mit dieser Filterung werden die Störsignalanteile sowie die Versorgungsspannung, die den Spannungspulsfolgen überlagert sind, eliminiert.

Zur Elimination von Überschwingungspulsen ist in jedem Kanal 19, 19' dem Bandpaß ein Komparator 22, 22' nachgeschaltet. Nach Durchlaufen der beiden Kanäle 19, 19' werden die positiven und negativen Spannungspulsfolgen in einer Auswerteeinheit 23 zusammengeführt. Die Auswerteeinheit 23 weist zwei Eingänge auf, an die die beiden Ausgänge der Kanäle 19, 19' des Empfangselements 14 angeschlossen sind.

Da die Ausbreitung der Pulsfolgen in den beiden identisch aufgebauten Kanälen 19, 19' zeitlich synchron verläuft, müssen die Pulsfolgen bei der Zusammenführung in der Auswerteeinheit 23 nicht synchronisiert werden.

Zweckmäßigerweise ist die Auswerteeinheit 23 von einem RS-Flip-Flop gebildet. Durch diese Kippschaltung werden die Pulsfolgen der positiven und negativen Spannungspulse nicht nur zusammengeführt, sondern zugleich in eine binäre Signalfolge umgewandelt.

Der zweite Übertragungskanal weist zwei parallel verlaufende Leitungen 24, 24' auf, in welchen Mittel zum Ausfiltern der Signalfolgen sowie Mittel zur Signalformung vorgesehen sind.

Zweckmäßigerweise bestehen die Mittel zum Ausfiltern der Signalfolgen aus einem Kondensator 25, welcher die Leitungen 24, 24' verbindet sowie zwei Spulen 26, 26', wobei jeweils eine Spule 25, 26' über eine Leitung 24,

24' auf den Kondensator 25 geführt ist.

Alternativ kann zum Ausfiltern der Signalfolgen eine geregelte Stromquelle vorgesehen sein. Zusätzlich kann zum Schutz gegen Überspannungen und Kurzschluß eine nicht dargestellte Sicherung vorgesehen sein.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform ist zwischen den Mitteln zum Ausfiltern der Signalfolgen und den Mitteln zur Signalformung ein DC-DC-Wandler vorgesehen. Der DC-DC-Wandler versorgt das Subsystem mit einer definierten Spannung und gleicht im zweiten Übertragungskanal auftretende Spannungsverluste aus. Zudem kann mit dem DC-DC-Wandler eine galvanische Trennung der verschiedenen Subsysteme sowie ein Überlastschutz erzielt werden.

Als Mittel zur Signalformung ist in jeder Leitung 24, 24' jeweils eine einem Widerstand 27, 27' parallel geschaltete Spule 28, 28' vorgesehen. Diese Anordnung ist identisch mit den im Netzteil 5 vorgesehenen Mitteln zur Signalformung, welche von den Widerständen 8, 8' und Spulen 9, 9' gebildet sind. Somit werden die an den Anschlüssen 10, 10' des Repeaters 4 von den Sendeelementen 13 des ersten Übertragungskanals 11 auf die Busleitung 2 gesendeten Stromsignale über die Mittel zur Signalformung im Repeater 4 auf dieselbe Weise in  $\sin^2$ -förmige Spannungssignale gewandelt, wie dies auch beim Netzteil 5 der Fall ist. Somit werden über die

Repeater 4 die Signalfolgen unverfälscht übertragen.

Bei ASI-Bussystemen werden als Mittel zur Signalformung typischerweise Widerstände 8, 8', 27, 27' mit Widerstandswerten  $R = 39 \Omega$  und Spulen 9, 9', 28, 28' mit Induktivitäten  $L = 50 \mu H$  gewählt. In diesem Fall liegen zweckmäßigerweise die Induktivitäten der Spulen 26, 26' zum Ausfiltern der Signale im zweiten Übertragungskanal 12 im Bereich  $L = 2 - 10 mH$ .

Mit dieser Dimensionierung der Induktivitäten werden die Daten, die typischerweise im Frequenzband von 10 kHz bis 500 kHz liegen, effizient ausgefiltert. Gleichzeitig verhindern diese Spulen 26, 26' eine Rückwirkung von Schwankungen der Versorgungsspannung in einem Subsystem, welche durch Lastschwankungen verursacht werden können.

#### Patentansprüche

1. Anordnung von mehreren Sensoren und/oder Aktuatoren in einem Bussystem, welche von einer zentralen Steuereinheit gesteuert werden, wobei das Bussystem mehrere Subsysteme aufweist, in welchen Sensoren und /oder Aktuatoren und/oder die Steuereinheit jeweils über eine Busleitung verbunden sind und jeweils Busleitungen zweier Subsysteme über einen Repeater verbunden sind, wobei über die Busleitungen bidirektional Daten innerhalb des Bussystems übertragen werden und wobei innerhalb eines Subsystems über die Busleitung gleichzeitig die Daten und die Versorgungsspannung übertragen werden, in dem die Daten als der Versorgungsspannung aufmodulierte Signale übertragen werden, dadurch gekennzeichnet, daß der Repeater (4) zwei Übertragungskanäle (11, 12) aufweist, welche von den an den Repeater (4) angeschlossenen Busleitungen (2) abzweigen, wobei in dem ersten Übertragungskanal (11) die Daten ohne Versorgungsspannung übertragen werden und im zweiten Übertragungskanal (12) die Versorgungsspannung ohne Daten übertragen wird, und daß im zweiten Übertragungskanal Mittel zur Signalformung vorgesehen sind, welche auf die Busleitungen (2) ausgegebene Stromsignale in Spannungssignale umwandeln.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Busleitungen (2) von Zwei-Draht-Leitungen gebildet sind.

3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß im ersten Übertragungskanal (11) Mittel zum Ausfiltern der niederfrequenten Versorgungsspannung und im zweiten Übertragungskanal (12) Mittel zum Ausfiltern der höherfrequenten Signale vorgesehen sind.

4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1—3, dadurch gekennzeichnet, daß im ersten Übertragungskanal (11) für jede Übertragungsrichtung ein Empfangselement (13) ein diesem nachgeschaltetes Optokoppler (15, 15') und ein diesem nachgeschaltetes Sendeelement (13) vorgesehen ist, wobei im Empfangselement (14) die Versorgungsspannung ausgefiltert wird.

5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1—4, dadurch gekennzeichnet, daß im zweiten Übertragungskanal (12) zwei parallel verlaufende Leitungen (24, 24') vorgesehen ist, wobei zum Ausfiltern der Signale jeweils eine Spule (26, 26') auf eine der Leitungen (24, 24') vorgesehen ist, welche über einen Kondensator (25) gekoppelt sind.

6. Anordnung nach einem der Ansprüche 1—4, dadurch gekennzeichnet, daß im zweiten Übertragungskanal (12) zum Ausfiltern der Signale eine geregelte Stromquelle vorgesehen ist.

7. Anordnung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß im zweiten Übertragungskanal (12) ein DC-DC-Wandler vorgesehen ist.

8. Anordnung nach einem der Ansprüche 5—7, dadurch gekennzeichnet, daß zur Signalformung in jeder Leitung (24, 24') des zweiten Übertragungskanals (12) eine mit einem Widerstand (27, 27') parallel geschaltete Spule (28, 28') vorgesehen ist.

9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein Netzteil (5) zur Spannungsversorgung des Bussystems vorgesehen ist, wobei der Repeater (4) dieselben Mittel zur Signalformung wie das Netzteil (5) aufweist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1

